

Lubricated sliding element, especially an adjusting shim for an i. c. engine valve operating mechanism, has a hard carbon-based film surface containing nitrogen and-or oxygen and-or having a low hydrogen content

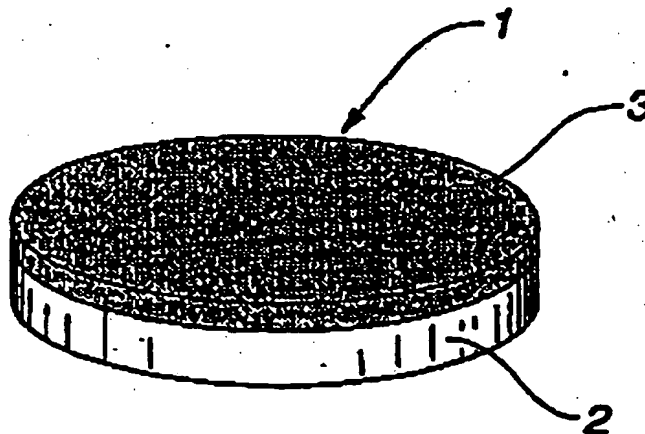
Patent number: DE10017459
Publication date: 2000-10-26
Inventor: KANO MAKOTO (JP); MABUCHI YUTAKA (JP);
MIYAKE SHOJIRO (JP); YASUDA YOSHITERU (JP)
Applicant: MIYAKE SHOJIRO (JP); NISSAN MOTOR (JP)
Classification:
- **International:** F16C33/12
- **European:** F16C33/12; F01L1/14B; F01L1/20B
Application number: DE20001017459 20000407
Priority number(s): JP19990102205 19990409

Also published as:

JP2000297373 (A)

Abstract of DE10017459

A lubricated sliding element, comprises a hard carbon-based film with a surface region containing nitrogen and/or oxygen and/or having a low hydrogen content. A sliding element, used in contact with lubricating oil, comprises a substrate bearing a hard carbon-based film having a surface region which contains 0.5-30 at.% nitrogen and/or oxygen and/or \10 at.% hydrogen. Independent claims are also included for the following: (i) an adjusting shim for use in an i. c. engine valve operating mechanism and comprising the above sliding element; and (ii) a process for producing the above sliding element. Preferred Features; The substrate may consist of silicon nitride or steel.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 17 459 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
F 16 C 33/12

②① Aktenzeichen: 100 17 459.0
②② Anmeldetag: 7. 4. 2000
④③ Offenlegungstag: 26. 10. 2000

DE 100 17 459 A 1

- ③① Unionspriorität:
11-102205 09. 04. 1999 JP
- ⑦① Anmelder:
Nissan Motor Co., Ltd., Yokohama, Kanagawa, JP;
Miyake, Shojiro, Tokio/Tokyo, JP
- ⑦④ Vertreter:
Hoefer, Schmitz, Weber, 81545 München

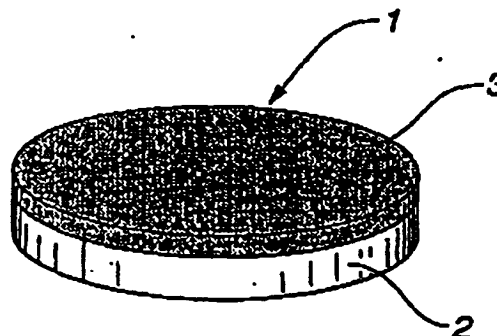
- ⑦② Erfinder:
Miyake, Shojiro, Tokio/Tokyo, JP; Yasuda,
Yoshiteru, Yokohama, Kanagawa, JP; Kano,
Makoto, Yokohama, Kanagawa, JP; Mabuchi,
Yutaka, Yokosuka, Kanagawa, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Gleitbewegliches Element und Verfahren zur Herstellung desselben

- ⑤⑦ Ein gleitbewegliches Element, wie zum Beispiel ein Justierkeil, wie er in einem Ventilbetätigungsmechanismus einer Verbrennungskraftmaschine eines Autos benutzt wird. Das gleitbewegliche Element wird im Kontakt mit Schmieröl verwendet und weist ein Substrat auf. Ein harter kohlenstoffartiger Film wird auf eine Oberfläche des Substrats abgeschieden. Der harte kohlenstoffbasierende Film weist einen Oberflächenbereich auf, der zumindest eines der Elemente Stickstoff oder Sauerstoff in einem Bereich von 0,5 bis 30 Atom% und/oder Wasserstoff in einem Bereich von nicht mehr als 10 Atom% aufweist.



DE 100 17 459 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Verbesserungen bei einem gleitbeweglichen (slidably movable) Element, das einen harten kohlenstoffbasierenden Film aufweist, der eine niedrige Reibungszahl aufweist, und insbesondere auf ein gleitbewegbares Element, das einen harten kohlenstoffbasierenden Film aufweist, das geeignet ist, unter einer Betriebsbedingung benutzt zu werden, das einen Kontakt mit Maschinenschmierstoffen, Getriebeölen oder dergleichen vorgibt.

Bis jetzt wurde die Bildung von harten kohlenstoffbasierenden Filmen vorgeschlagen und in die praktische Benutzung genommen. Die harten kohlenstoffbasierenden Filme sind aus kohlenstoffbasierenden Materialien gebildet, wie zum Beispiel amorphem Kohlenstoff (a-C), einem wasserstoffhaltigen amorphen Kohlenstoff (a-C:H), i-Kohlenstoff (i-C) und diamantartigem Kohlenstoff (DLC). Die kohlenstoffbasierenden Filme werden gewöhnlicherweise durch eine plasmaverstärkte chemische Abscheidung aus der Dampfphase (plasma enhanced chemical vapor deposition CVD) gebildet, bei welchem ein Kohlenwasserstoffgas plasmazersetzt wird, um einen kohlenstoffbasierenden Film zu bilden, oder durch eine Ionenstrahlabscheidung aus der Dampfphase (ion beam vapor deposition process), bei dem Kohlenstoffionen und Kohlenwasserstoffionen benutzt werden. Der so geformte kohlenstoffbasierende Film hat eine hohe Oberflächenhärte, eine hohe Oberflächenglätte und eine hohe Abnutzungsbeständigkeit. Zusätzlich ist ein kohlenstoffbasierender Film niedrig im Reibungskoeffizienten infolge der festen Benetzungseigenschaften, dabei eine niedrige Reibungscharakteristik zeigend. Der kohlenstoffbasierende Film hat einen Reibungskoeffizienten von ungefähr 0,1 unter der Bedingung, daß kein Schmiermittel vorhanden ist, wohingegen ein normaler Stahl mit einer glatten Oberfläche einen Reibungskoeffizienten von 0,5 bis 1,0 aufweist, unter der Bedingung, daß kein Schmiermittel vorhanden ist.

Die harten kohlenstoffbasierenden Filme wurden gegenwärtig auf gleitbewegbare Elemente oder Teile angewendet, die unter schmiermittelfreien Bedingungen verwendet werden, so zum Beispiel bei Schneidwerkzeugen, wie zum Beispiel Klingen oder einem Bohrer, Herstellwerkzeugen für Schneidwerkzeuge, Metallgußformen für die Plastikverarbeitung, Ventilkegel (valve cocks) und Drehkreuzroller (capstan rollers). Ferner wuchs die Nachfrage nach Maschinenteilen, so zum Beispiel in Verbrennungskraftmaschinen, die gleitbeweglich in Schmieröl sind und deren mechanische Verluste unter dem Gesichtspunkt von Energiesparen und Umweltschutz reduziert sein sollen. Insbesondere wurde danach gesucht, solche Maschinenteile in der Reibung zu vermindern unter Zuhilfenahme der oben erwähnten harten kohlenstoffbasierenden Filme, die feste Festschmiereigenschaften (solid lubricating characteristics) aufweisen, die unter einer schweren Reibungsbedingung, die einen hohen Reibungsverlust erzeugt, verwendet werden.

Unter diesem Bezug kann in dem Fall, in dem ein gleitbewegliches Element, das mit den oben erwähnten harten kohlenstoffbasierenden Film beschichtet wird und gleitbewegbar in einem Maschinenschmieröl, Getriebeöl oder dergleichen benutzt wird, eine niedrige Reibungscharakteristik erhalten werden bis zu einem gewissen Bereich, aufgrund der Glätte des harten kohlenstoffbasierenden Films. Es hat sich gezeigt, daß die gleitbeweglichen Teile, die mit einem harten kohlenstoffbasierenden Film beschichtet worden sind, im allgemeinen in ihrer niedrigen Reibungscharakteristik zu solchen gleitbeweglichen Teilen, die mit harten Filmen beschichtet worden sind, die Festschmiereigenschaften (solid lubricating characteristics) aufweisen, so zum Beispiel mit denjenigen, die durch Ionenplattieren von Titanitrid (TiN) oder Chromitrid (CrN) gebildet wurden. Mit anderen Worten hat es sich als Problem gezeigt, daß das gleitbewegliche Element, das mit einem herkömmlichen kohlenstoffbasierenden Film beschichtet worden ist, im allgemeinen in seinen niedrigen Reibungscharakteristiken in Schmieröl zu gleitbeweglichen Teilen gleich ist, die mit Filmen beschichtet worden sind, die keine festen Benetzungseigenschaften aufweisen und im allgemeinen die gleiche Oberflächenrauigkeit aufweisen oder im Vergleich zu oberflächenvergüteten (super finished) Stahlteilen, auch wenn diese mit herkömmlichen kohlenstoffbasierenden Filmen beschichtet wurden, die die festen benetzenden Charakteristiken aufweisen.

Insbesondere wenn drei Stahlkugeln mit einem Durchmesser von 3/8 Inch auf einen harten kohlenstoffbasierenden Film von diamantartigem Kohlenstoff unter einer Last von 1 kgf in ein Schmieröl gedrückt werden und mit einer Relativgeschwindigkeit von 0,03 m/sec gleiten, weist der harte kohlenstoffbasierende Film mit diamantartigem Kohlenstoff einen Reibungskoeffizienten auf, der zwischen 0,08 und 0,12 rangiert, welcher im allgemeinen derselbe ist, der von ionenplattierten Chromitrid(CrN)-Filmen oder von Stahlmaterial, das im allgemeinen dieselbe Oberflächenrauigkeit aufweist und nicht mit einer Hartbeschichtungsbehandlung versehen worden ist, auf.

Darüber hinaus wurden gleitbewegliche Elemente oder Teile, die mit Molybdändisulfid (MoS_2) oder Polytetrafluorethylen (PTFE) beschichtet worden sind, die feste Benetzungseigenschaften aufweisen, in praktischen Gebrauch genommen, um eine niedrige Reibungscharakteristik zu realisieren, die einen Reibungskoeffizienten $\mu < 0,07$ in Schmieröl aufweist, wie zum Beispiel Maschinenschmieröl oder Getriebeöl. In dem Fall, in dem solche herkömmlichen gleitbeweglichen Elemente oder Teile weiter unter schweren Bedingungen und unter einem hohen Lagerdruck (bearing pressure) benutzt werden, sind diese unzureichend im Abnutzungswiderstand, so daß die notwendige Beständigkeit (performance) des Abnutzungswiderstands nur in einer Anfangsperiode beim Betrieb erreicht werden kann, aber nicht für eine längere Betriebszeit aufrecht erhalten werden kann.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes gleitbewegliches Element bereitzustellen, welches die Nachteile, die mit herkömmlichen gleitbeweglichen Elementen verbunden sind, welche im Kontakt mit Schmieröl verwendet werden, effektiv beseitigen kann.

Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein verbessertes gleitbewegliches Element bereitzustellen, welches eine hohe Abnutzungsbeständigkeit aufweist, auch unter der Bedingung eines Kontaktes mit Schmieröl und für eine lange Zeit der Benutzung.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein verbessertes gleitbewegliches Element bereitzustellen, dessen Festbenetzungseigenschaft auch in Schmieröl effektiv ist, so daß eine niedrige Reibungscharakteristik mit einem Reibungskoeffizient μ von nicht höher als 0,07 gezeigt werden kann.

Ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht in einem gleitbeweglichen Element, das in Kontakt mit Schmieröl verwendet wird. Das gleitbewegliche Element weist ein Substrat auf. Ein harter kohlenstoffbasierender Film ist auf eine Oberfläche des Substrats abgeschieden. Der harte kohlenstoffbasierende Film hat einen Oberflächenbereich,

welcher zumindest ein Element der Elemente Stickstoff und Sauerstoff in einem Bereich von 0,5 bis 30 Atom% aufweist.

Ein zweiter Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht in einem Justierkeil (adjusting shim) der in einem Ventilbetätigungsmechanismus einer Verbrennungskraftmaschine benutzt wird. Der Justierkeil (adjusting shim) weist ein Substrat auf. Ein harter kohlenstoffbasierender Film ist auf eine Oberfläche des Substrats abgeschieden. Der harte kohlenstoffbasierende Film weist einen Oberflächenbereich auf, welcher zumindest eines der Elemente Stickstoff und Sauerstoff in einem Bereich von 0,5 bis 30 Atom% aufweist.

Ein dritter Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht in einem gleitbeweglichen Element, das in Kontakt mit einem Schmieröl benutzt wird. Das gleitbewegliche Element weist ein Substrat auf. Ein harter kohlenstoffbasierender Film ist auf eine Oberfläche des Substrats abgeschieden. Der harte kohlenstoffbasierende Film weist einen Oberflächenbereich auf, der Wasserstoff in einem Betrag von nicht mehr als 10 Atom% aufweist.

Ein vierter Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht in einem gleitbeweglichen Element, das in Kontakt mit einem Schmieröl benutzt wird. Das gleitbewegliche Element weist ein Substrat auf. Ein harter kohlenstoffbasierender Film ist auf eine Oberfläche des Substrats abgeschieden. Der harte kohlenstoffbasierende Film weist einen Oberflächenbereich auf, der zumindest eines der Elemente Stickstoff in einem Bereich von 0,5 bis 30 Atom% Sauerstoff in einem Bereich von 0,5 bis 30 Atom% und Wasserstoff in einem Bereich von nicht mehr als 10 Atom% beinhaltet.

Ein fünfter Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht in einem Verfahren zum Herstellen eines gleitbeweglichen Elements, das in Kontakt mit einem Schmieröl benutzt wird. Das Herstellungsverfahren umfaßt (a) Bereitstellen eines Substrats, (b) Abscheiden eines harten kohlenstoffbasierenden Films auf eine Oberfläche des Substrats durch ein CVD-Verfahren; und (c) Bewirken, daß ein Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films zumindest eines der Elemente Stickstoff und Sauerstoff in einem Bereich von 0,5 bis 30 Atom% durch eine Plasmabehandlung oder einen Ionenimplantationsprozeß beinhaltet.

Ein sechster Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht in einem Herstellungsverfahren eines gleitbeweglichen Element, das in Kontakt mit einem Schmieröl benutzt wird. Das Herstellungsverfahren umfaßt (a) Bereitstellen eines Substrats; und (b) Abscheiden eines harten kohlenstoffbasierenden Films auf eine Oberfläche des Substrats durch einen Kohlenstoffionenstrahlprozeß, ein thermisches CVD-Verfahren, einen Ionenplattierprozeß und einen Sputter-Prozeß, um den Gehalt von Wasserstoff in einem Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films innerhalb eines Bereichs von nicht mehr als 10 Atom% einzustellen.

Die Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht zum Erklären einer Ausführungsform (Justierkeil (adjusting shim)) eines gleitbeweglichen Elements nach der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ist eine Schnittansicht zur Erklärung einer Plasmabehandlungsvorrichtung, die zum Erzielen einer Plasmabehandlung für einen harten kohlenstoffbasierenden Film, der auf einem Substrat gebildet wird, um ein gleitbewegliches Element nach der vorliegenden Erfindung herzustellen;

Fig. 3 ist eine Schnittansicht zur Erklärung eines Reibungstesters (friction tester) zum Messen eines Reibungskoeffizienten des gleitbeweglichen Element nach der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 ist eine fragmentarische Schnittansicht zur Erklärung eines essentiellen Teiles einer Ventilbetätigungsverrichtung einer Verbrennungskraftmaschine, in welcher das gleitbewegliche Element nach der vorliegenden Erfindung als Justierkeil (adjusting shim) benutzt wird; und

Fig. 5 zeigt einen Graphen mit Testergebnissen von Messungen eines Reibungsverlustdrehmoments, das durch die Benutzung des Ventilbetätigungsmechanismus aus der Fig. 4 erhalten wird.

Nach der vorliegenden Erfindung weist ein gleitbewegliches Element, das in Kontakt mit einem Maschinenöl benutzt wird, ein Substrat auf. Darüber hinaus ist auf eine Oberfläche des Substrats ein harter kohlenstoffbasierender Film abgeschieden. Der harte kohlenstoffbasierende Film ist ein Film, dessen Hauptkomponente Kohlenstoff ist. Der harte kohlenstoffbasierende Film weist einen Oberflächenbereich auf, der zumindest eines der Elemente Stickstoff oder Sauerstoff in einem Bereich von 0,5 bis 30 Atom% und/oder Wasserstoff in einem Bereich von nicht mehr als 10 Atom% aufweist. Der Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films beinhaltet eine Oberfläche des harten kohlenstoffbasierenden Films. Insbesondere weist der harte kohlenstoffbasierende Film eine Dicke von 1 bis 10 μm auf, in welcher die Dicke des Oberflächenbereichs 1/10 des Oberflächenbereichs ist. Demzufolge enthält zumindest der Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films Stickstoff und/oder Sauerstoff in dem oben aufgeführten Betrag. Es versteht sich, daß Stickstoff und/oder Sauerstoff in dem oben erwähnten Betrag in dem harten kohlenstoffbasierenden Film anders als im Oberflächenbereich enthalten sein kann.

In einem so zusammengesetzten gleitbeweglichen Element, das einen harten kohlenstoffbasierenden Film aufweist, dessen Oberflächenbereich zumindest eines der Elemente Stickstoff oder Sauerstoff in einem Bereich von 0,5 bis 30 Atom% aufweist, sind ein großer Betrag von polaren Gruppen gegenwärtig an der Oberfläche des harten kohlenstoffbasierenden Films und demzufolge können ölige Bestandteile (oiliness agents), die in Schmierölen enthalten sind, physikalisch oder chemisch an der Oberfläche des harten kohlenstoffbasierenden Films adsorbiert werden. Als Ergebnis können niedrige Reibungscharakteristiken bei dem harten kohlenstoffbasierenden Film eingestellt sein, so daß der harte kohlenstoffbasierende Film einen niedrigen Reibungskoeffizienten μ von nicht höher als 0,07 aufweist. Wenn der Inhalt von Stickstoff und/oder Sauerstoff im Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films weniger als 0,5 Atom% ist, besteht eine Tendenz, daß die oben erwähnte niedrige Reibungscharakteristik in Schmieröl nicht realisiert werden kann. Im Kontrast dazu ist die Verschleißbeständigkeit unter einem hohen Lagerdruck unzureichend, wenn der Betrag 30 Atom% übersteigt. Demzufolge liegt der Betrag von Stickstoff und/oder Sauerstoff vorzugsweise innerhalb eines Bereichs von 4 bis 20 Atom%, welcher effektiv eine niedrige Reibungscharakteristik in Schmieröl gewährleistet, ohne daß die Verschleißbeständigkeit und die Glätte des harten kohlenstoffbasierenden Films beeinträchtigt würde. Der Inhalt von Stickstoff und/oder Sauerstoff wird durch ein Röntgenfotoelektronenspektrum (XPS) "SK-5600" (hergestellt von Physical Electronics Inc.) gemessen.

Das gleitbewegliche Element wird durch ein Verfahren hergestellt, das (a) das Bereitstellen eines Substrats; (b) das Abscheiden eines harten kohlenstoffbasierenden Films auf eine Oberfläche des Substrats durch ein CVD-Verfahren; und (c) das Bewirken, daß ein Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films zumindest eines der Elemente

Stickstoff oder Sauerstoff in einem Bereich von 0,5 bis 30 Atom% entweder durch eine Plasmabehandlung oder durch einen Ionenimplantationsprozeß enthält, beinhaltet.

Unter einer Plasmabehandlung werden Stickstoff und/oder Sauerstoff erzeugt, um in dem Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films enthalten zu sein. Die Plasmabehandlung wird durch eine Plasmabehandlungsapparatur 21, wie sie in der Fig. 2 gezeigt ist, ausgeführt. Der Plasmabehandlungsapparat 21 beinhaltet einen Vakuumkessel 22. Ein Substrathalter 24 ist innerhalb des Vakuumkessels 22 angeordnet und befindet sich dort an einer niedrigeren Position, um das Substrat 23, das mit dem harten kohlenstoffbasierenden Film beschichtet ist, zu halten, welches dann das gleitbewegliche Element 1 ergeben soll. Der Substrathalter 24 ist mit einer Vorspannstromquelle (bias power source) 25 verbunden. RF-Elektroden 26 sind oberhalb des Substrathalters 24 angeordnet und elektrisch mit einer RF-Stromquelle (RF power source) 27 verbunden.

Ein plasmaerzeugendes Gas, das in einer Gasbombe 28 enthalten ist, wird über einen Gasregler 29 an die RF-Elektroden 26 geführt, die jeweils eine zentrale Öffnung 26a aufweisen, so daß Plasma zwischen den Elektroden 26 unter einer RF-Entladung erzeugt wird. Dann wird ein Ion 32 in einer Öffnungselektrode 31 gebildet, so daß ein Radikationenstrahl 33 den Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films erreicht, der auf der Oberfläche des Substrats 23 ausgebildet wird. Danach ist das plasmaerzeugende Gas in einem Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films enthalten. Die Evakuierung des Vakuumkessels 22 wird in einer Richtung, die durch den Pfeil A gezeigt wird, durch eine Evakuiereinrichtung (nicht gezeigt) bewirkt. So eine Plasmabehandlung wird beispielsweise unter einer Bedingung, bei der die RF-Eingangleistung in einem Bereich von 10 bis 100 W beträgt, vorgenommen. Eine Flußrate des Plasmabildungsgases ist innerhalb von 5 bis 50 cc/min und eine Vorspannungsspannung, die von der Vorspannstromquelle 25 angelegt wird, ist in einem Bereich von -250 bis +250 V.

Obwohl hier nur die Plasmabehandlung diskutiert wurde, um den Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films mit Stickstoff und/oder Sauerstoff zu versehen, versteht es sich, daß eine Ionenimplantation zum selben Zweck ebenfalls vorgenommen werden kann.

Andererseits kann die niedrige Reibungscharakteristik in Schmieröl durch das Einstellen des Inhalts oder der Konzentration von Wasserstoff auf einen Bereich von nicht mehr als 10 Atom% im Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films erreicht werden. Obwohl die Messung des Inhalts von Wasserstoff im Oberflächenbereich schwierig ist, kann der Inhalt leicht aus den Bedingungen abgeschätzt werden, bei der der harte kohlenstoffbasierende Film erzeugt worden ist. Demzufolge kann ein niedriger Gehalt von Wasserstoff durch das Erzeugen eines harten kohlenstoffbasierenden Films mit amorphem Kohlenstoff über einen Kohlenstoffionenstrahlprozeß oder dergleichen realisiert werden, in welchem kein Kohlenwasserstoffplasma zumindest während der Bildung des harten kohlenstoffbasierenden Films benutzt wird, oder durch das Erzeugen eines harten kohlenstoffbasierenden Filmes mit polykristallinem Diamant durch ein thermisches CVD-Verfahren. Darüber hinaus kann ein solcher niedriger Inhalt von Wasserstoff durch das Erzeugen des harten kohlenstoffbasierenden Films über einen Ionenplattierprozeß realisiert werden, oder durch ein Sputter-Verfahren. Mit einem so hergestellten harten kohlenstoffbasierenden Film sind ein großer Betrag von polaren Gruppen an der Oberfläche gegenwärtig und demzufolge können ölige Bestandteile, die im Schmieröl enthalten sind, physikalisch oder chemisch an der Oberfläche des harten kohlenstoffbasierenden Films adsorbiert werden. Es versteht sich, daß Wasserstoff in dem oben erwähnten Betrag in dem harten kohlenstoffbasierenden Film in einem anderen Betrag enthalten sein kann, als in dem Oberflächenbereich.

Ferner weist der harte kohlenstoffbasierende Film vorzugsweise eine Oberflächenrauigkeit Ra auf, die nicht höher ist als 0,1 µm, so daß der harte kohlenstoffbasierende Film eine niedrige Reibungscharakteristik und eine niedrige Aggressivität gegen ein anderes Element aufweist, gegen das es sich in gleitendem Kontakt befindet. Die Oberflächenrauigkeit Ra wird nach dem JIS (Japanese Industrial Standard) B0601 gemessen. Darüber hinaus weist der harte kohlenstoffbasierende Film eine Härte Hv nach Vickershärten-Test gemäß JIS Z 2244 von nicht weniger als 1000 vorzugsweise auf. Ferner weist der harte kohlenstoffbasierende Film vorzugsweise eine Dicke auf, die zwischen 1 bis 10 µm liegt. Ist die Dicke niedriger als 1 µm, weist der kohlenstoffbasierende Film eine unzureichende Adhärenzstärke (adherence strength) auf. Ist die Dicke dahingegen > 10 µm, ist die Verspannung in dem harten kohlenstoffbasierenden Film so hoch, daß der harte kohlenstoffbasierende Film sich auf natürliche Weise abschälen kann. Die Dicke des harten kohlenstoffbasierenden Films wird mikroskopisch gemessen.

Das gleitbewegliche Element 1 wird vorzugsweise als Justierkeil (adjusting shim) in der Form, wie sie in der Fig. 1 gezeigt ist, benutzt. Der Justierkeil (adjusting shim) ist beispielsweise auf einen Ventilöffner für ein Maschinenventil (Einlaß- oder Auslaßventil) einer Verbrennungskraftmaschine eines Automobils. Der Ventilöffner bildet einen Teil eines Ventilbetätigungsmechanismus zum Betätigen eines Maschinenventils während des Maschinenbetriebs. Der Justierkeil (adjusting shim) ist in gleitendem Kontakt mit einer Nockenwelle, so daß er mit Schmieröl in Kontakt kommt. Der Justierkeil (adjusting shim) dient dazu, um die Ventilöffnung des Maschinenventils zu justieren.

Die vorliegende Erfindung wird leichter verstanden, wenn sie anhand der folgenden Ausführungsbeispiele im Vergleich zu Vergleichsbeispielen diskutiert wird. Die Ausführungsbeispiele werden dazu benutzt, die Erfindung zu veranschaulichen und sind nicht dazu vorgesehen, den Schutzbereich der Erfindung zu begrenzen.

Ausführungsbeispiel 1

Als erstes wurde ein scheibenförmiges Substrat 2 aus Keramik (Siliziumnitrid) mit 30 mm Durchmesser und 4 mm Dicke, wie in Fig. 1 gezeigt, hergestellt. Ein polykristalliner Diamantfilm (synthetisiert in der Gasphase) mit einer Dicke von 10 µm wurde auf einer oberen Oberfläche des Substrats 2 durch ein thermisches CVD-Verfahren abgeschieden, um einen harten kohlenstoffbasierenden Film 3 zu erzeugen, wie in der Fig. 1 gezeigt. Der Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films 3 wurde in seinem Wasserstoffgehalt auf einen Betrag < 10 Atom% abgeschätzt. Danach wurde die Oberfläche des polykristallinen Diamantfilms oder des harten kohlenstoffbasierenden Films 3 mit einem Diamantrad oder einem Schleifpapier geschliffen, um eine Oberflächenrauigkeit Ra von 0,05 µm zu erzielen. Letztendlich wurde ein gleitbewegliches Element 1, wie in der Fig. 1 gezeigt, hergestellt.

Ausführungsbeispiel 2

Als erstes wurde ein scheibenförmiges Substrat 2 aus carburiertem Stahl (carburized steel) gemäß SCM415 Chrommolybdänstahl gemäß JIS G 4105 mit 30 mm Durchmesser und 4 mm Dicke, wie in Fig. 1 gezeigt, hergestellt. Eine Spezialveredelung (super finishing) wurde auf einem oberen Teil der Oberfläche des Substrats 2 ausgeführt, um eine Oberflächenrauigkeit Ra von 0,04 µm zu erzielen. Eine Oberflächenveredelung (super finishing) wurde auf der oberen Oberfläche des Substrats 2 ausgeführt, um eine Oberflächenrauigkeit Ra von 0,04 µm zu erreichen. Danach wurde ein harter kohlenstoffbasierender Film 3 auf die Oberfläche des Substrats 2 durch einen Ionenplattierungsprozeß mit einem Kohlenstoffionenstrahl, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist, abgeschieden. Der Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Filmes 3 wurde auf einen Wasserstoffgehalt von < 10 Atom% abgeschätzt. Als Ergebnis wurde ein gleitbewegliches Element 1, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist, hergestellt mit einer Oberflächenrauigkeit Ra von 0,09 µm, ohne daß dieses Element einem Veredelungsprozeß nach Bildung des harten kohlenstoffbasierenden Films 3 unterworfen werden mußte.

Ausführungsbeispiel 3

Das gleitbewegliche Element 1 von Ausführungsbeispiel 3 wurde ähnlich wie im Ausführungsbeispiel 2 hergestellt mit der Ausnahme, daß die obere Oberfläche des gleitbeweglichen Elements 1 geläpft wurde, so daß das gleitbewegliche Element eine Oberflächenrauigkeit Ra von 0,03 µm hatte.

Ausführungsbeispiel 4

Zuerst wurde ein scheibenförmiges Substrat 2 aus carburiertem Stahl (nach JIS SCM415) mit einem Durchmesser von 30 mm und einer Dicke von 4 mm, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist, hergestellt. Eine Oberflächenvergütung (super finishing) wurde auf der oberen Oberfläche des Substrats 2 vorgenommen, so daß dieses eine Oberflächenrauigkeit Ra von 0,04 µm hatte. Danach wurde ein diamantartiger Kohlenstofffilm (DLC) oder ein harter kohlenstoffbasierender Film 3 auf der oberen Oberfläche des Substrats 2 durch ein plasmaverstärktes CVD-Verfahren mit einem Kohlenwasserstoffgas abgeschieden. Der Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Filmes 3 wurde auf einen Wasserstoffgehalt von mehr als 10 Atom% abgeschätzt. Danach wurde das Substrat 2 mit dem DLC-Film auf den Substrathalter 24 in den Plasmabehandlungsapparat 21 eingebracht und einer Sauerstoffplasmabehandlung unterworfen, um den Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Filmes 3 mit einem Sauerstoffgehalt unter den folgenden Bedingungen zu versehen: Die RF-Eingangsleistung war 50 W; die Sauerstoffgasflußrate war 10 cc/min. und die Vorspannungsspannung (bias voltage) betrug -100 V. Als Ergebnis wurde ein gleitbewegliches Element 1, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist, hergestellt, welches einen harten kohlenstoffbasierenden Film aufwies, dessen Oberflächenbereich einen Sauerstoffgehalt von ungefähr 3,5 Atom% aufwies.

Ausführungsbeispiel 5

Das gleitbewegliche Element 1 aus dem Ausführungsbeispiel 3 wurde auf dem Substrathalter 24 in den Plasmabehandlungsapparat 21 eingebracht und einer Sauerstoffplasmabehandlung ähnlich zu der aus dem Ausführungsbeispiel 4 unterworfen. Der harte kohlenstoffbasierende Film 3 wurde auf einen Wasserstoffgehalt von weniger als 10 Atom% abgeschätzt. Als Ergebnis wurde ein gleitbewegliches Element 1, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist erzielt, das einen harten kohlenstoffbasierenden Film aufwies, dessen Oberflächenbereich einen Sauerstoffgehalt von ungefähr 3,5 Atom% aufwies.

Ausführungsbeispiel 6

Das gleitbewegliche Element 1 aus dem Ausführungsbeispiel 1 wurde auf dem Substrathalter 24 in den Plasmabehandlungsapparat 21 eingebracht, so daß der polykristalline Diamantfilm oder der harte kohlenstoffbasierende Film 3 einer Stickstoffplasmabehandlung unterworfen wurde, um den Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Filmes 3 mit einem Stickstoffgehalt zu versehen, unter Bedingungen die ähnlich zu denen aus den Ausführungsbeispielen 4 und 5 waren mit der Ausnahme, daß die Sauerstoffgasflußrate durch eine Stickstoffgasflußrate ersetzt wurde. Der harte kohlenstoffbasierende Film 3 wurde auf einen Wasserstoffgehalt von weniger als 10 Atom% abgeschätzt. Als Ergebnis wurde ein gleitbewegliches Element 1 im Ausführungsbeispiel 6 hergestellt, das einen harten kohlenstoffbasierenden Film 3 aufwies, dessen Oberflächenbereich einen Stickstoffgehalt von ungefähr 5,7 Atom%, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist, aufwies.

Vergleichsbeispiel 1

Als erstes wurde ein scheibenförmiges Substrat aus carburiertem Stahl (carburized steel) nach JIS SCM415 hergestellt mit einem Durchmesser von 30 mm und einer Dicke von 4 mm, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist. Die obere Oberfläche des Substrats wurde geschliffen, um eine Oberflächenrauigkeit Ra von 0,24 µm aufzuweisen. Danach wurde die obere Oberfläche des Substrats 2 einer Manganphosphatbehandlung zur Erzielung einer Manganphosphatbeschichtung unterzogen. Als Ergebnis wurde ein gleitbewegliches Element im Vergleichsbeispiel 1 hergestellt, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist.

Vergleichsbeispiel 2

Als erstes wurde ein Substrat aus carburiertem Stahl (carburized steel) nach JIS SCM415 hergestellt mit einem Durchmesser von 30 mm und einer Dicke von 4 mm, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist. Danach wurde eine Oberflächenvergütung der oberen Oberfläche des Substrats 2 vorgenommen, so daß eine Oberflächenrauigkeit Ra von 0,04 µm erzielt wurde. Als ein Ergebnis wurde ein gleitbewegliches Element im Vergleichsbeispiel 2 erhalten, ähnlich zu dem, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist.

Vergleichsbeispiel 3

Das gleitbewegliche Element des Vergleichsbeispiels 2 wurde einem Ionenplattierprozeß unterworfen, in welchem die Oberfläche des gleitbeweglichen Elements mit einer Chromnitrid(CrN)-Schicht versehen wurde. Als Ergebnis wurde ein gleitbewegliches Element im Vergleichsbeispiel 3, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist, hergestellt, mit einem Chromnitrid-Film, der eine Dicke von 2,0 µm und eine Oberflächenhärte Hv von 1500 aufwies.

Vergleichsbeispiel 4

Als erstes wurde ein scheibenförmiges Substrat aus Keramik (Siliziumnitrid) hergestellt mit einem Durchmesser von 30 mm und einer Dicke von 4 mm, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist. Ein polykristalliner Diamantfilm (synthetisiert in der Gasphase) mit einer Dicke von 10,0 µm wurde auf einer oberen Oberfläche des Substrats mit einem thermischen CVD-Verfahren abgeschieden, um einen harten kohlenstoffbasierenden Film, ähnlich zu dem, der in der Fig. 1 gezeigt ist, zu erzielen. Der harte kohlenstoffbasierende Film 3 wurde auf einen Wasserstoffgehalt von weniger als 10 Atom% abgeschätzt. Als Ergebnis wurde ein gleitbewegliches Element im Vergleichsbeispiel 4, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist, hergestellt mit einer Oberflächenrauigkeit Ra von 0,12 µm.

Vergleichsbeispiel 5

Als erstes wurde ein scheibenförmiges Substrat aus carburiertem Stahl (carburized steel) gemäß JIS SCM415 mit einem Durchmesser von 30 mm und einer Dicke von 4 mm hergestellt, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist. Danach wurde eine Oberflächenvergütung (super finishing) der oberen Oberfläche des Substrats vorgenommen, um eine Oberflächenrauigkeit Ra von 0,04 µm zu erzielen. Danach wurde ein diamantartiger Kohlenstofffilm (DLC) auf der oberen Oberfläche des Substrats durch ein plasmaverstärktes CVD-Verfahren mit einem Kohlenwasserstoffgas abgeschieden. Der Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films wurde auf einen Wasserstoffgehalt von mehr als 10 Atom% geschätzt. Als Ergebnis wurde ein gleitbewegliches Element im Ausführungsbeispiel 5 hergestellt, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist.

Vergleichsbeispiel 6

Als erstes wurde ein scheibenförmiges Substrat aus carburiertem Stahl (carburized steel) nach JIS SCM415 mit einem Durchmesser von 30 mm und einer Dicke von 4 mm hergestellt, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist. Auf der oberen Oberfläche des Substrats wurde ein Schleifen ausgeführt, um eine Oberflächenrauigkeit Ra von 0,20 µm zu erzielen. Danach wurde ein harter kohlenstoffbasierender Film auf die obere Oberfläche des Substrats durch einen Ionenplattierungsprozeß mit einem Kohlenstoffionenstrahl abgeschieden. Der Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films wurde auf einen Wasserstoffgehalt von weniger als 10 Atom% abgeschätzt. Als Ergebnis wurde ein gleitbewegliches Element im Vergleichsbeispiel 6 hergestellt, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist, mit einer Oberflächenrauigkeit Ra von 0,25 µm.

Vergleichsbeispiel 7

Das gleitbewegliche Element des Vergleichsbeispiels 6 wurde auf dem Substrathalter 24 in die Plasmabehandlungssaparatur 21 gebracht und einer Sauerstoffplasmabehandlung ähnlich zu der aus dem Ausführungsbeispiel 4 unterworfen. Der Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films wurde auf einen Wasserstoffgehalt von weniger als 10 Atom% abgeschätzt. Als Ergebnis wurde ein gleitbewegliches Element im Vergleichsbeispiel 7 hergestellt, wie es in der Fig. 1 gezeigt ist, mit einem harten kohlenstoffbasierenden Film, dessen Oberflächenbereich einen Sauerstoffgehalt von ungefähr 40 Atom% aufwies.

Die wichtigsten Punkte der Ausführungsbeispiele und Vergleichsbeispiele sind in der Tabelle 1 gezeigt.

Um die Eigenschaften (performance) der gleitbeweglichen Elemente nach der vorliegenden Erfindung zu bewerten, wurden die Reibungskoeffizienten der gleitbeweglichen Element durch einen Reibungstester, der nach dem Nadel-auf-Scheibe (pin-on-disk)-Verfahren arbeitet, wie er in der Fig. 3 gezeigt ist, gemessen.

Der Reibungstester 41 beinhaltete eine Arbeitsplatte 43, die drehbar durch eine drehbare Welle 42 gelagert war. Drei Stahlkugeln 44 waren fest auf einem Kugelhalter 46 aufgebracht und oberhalb der Arbeitsplatte 43 angeordnet. Jede Stahlkugel 44 hatte einen Durchmesser von 3/8 Inch und bestand aus SUJ2, einem kohlenstoffreichen Chromlagerstahl nach JIS G 4805. Ein gleitbewegliches Element (aus den Ausführungsbeispielen und den Vergleichsbeispielen) wurde fest auf der Arbeitsplatte 43 als Teststück befestigt, so daß die Stahlkugeln 44 in gleitendem Kontakt mit dem gleitbeweglichen Element 1 waren. Die Stahlkugeln 44 wurden auf das gleitbewegliche Element mit einer Last von 1,0 kgf über eine Feder 45 gepreßt, wobei eine Federhalterung 46a mit dem Kugelhalter 46 verbunden war. Die drehbare Welle 42 war direkt mit einem Motor 47 verbunden und drehte sich mit einer relativen Gleitgeschwindigkeit von 0,01 bis 0,1 m/s bezüglich der Stahlkugeln 44. Eine Lastzelle 48 wurde mit der Federhalterung 46a verbunden, um so eine Kraft zu messen, die durch ein Drehmoment in Folge einer Reibung zwischen den Stahlkugeln 44 und dem gleitbeweglichen Element 1 cr-

zeugt wurde. Zusätzlich wurde ein Ölbad 50 bereitgestellt, so daß das gleitbewegliche Element 1 in ein Schmieröl 49 getaucht werden konnte. Die Temperatur des Schmieröls 49 wurde auf eine Temperatur von ungefähr 80°C durch eine Öltemperaturkontrolleinheit (nicht gezeigt) eingestellt. Das Schmieröl war ein Maschinenschmieröl (5W-30SG), wie es auf dem Markt erhältlich ist. Aus der aus dem Drehmoment gemessenen Kraft wurde ein Reibungskoeffizient μ berechnet, wie er in der Tabelle 1 aufgelistet ist. In diesem Experiment wurden zwei Arten von Reibungskoeffizienten μ gemessen. Ein Reibungskoeffizient μ wurde in dem Schmieröl gemessen, wohingegen der andere Reibungskoeffizient μ ohne das Schmieröl oder ohne Schmierung gemessen wurde, so daß kein Schmieröl in dem Ölbad 50 vorlag. Die Meßbedingungen waren bei beiden Reibungskoeffizienten die gleichen: die Last, die auf die drei Stahlkugeln 44 angewendet wurde, betrug 1 kgf und die relative Gleitgeschwindigkeit betrug 0,25 m/s (250 rpm).

Wie aus den Testergebnissen, die in der Tabelle 1 aufgelistet sind, deutlich wird, haben die harten kohlenstoffbasierenden Filme der Ausführungsbeispiele eine feste Schmiercharakteristik und demzufolge sind die gleitbeweglichen Elemente der Ausführungsbeispiele in ihren Reibungskoeffizienten niedriger als die gleitbeweglichen Elemente des Vergleichsbeispiels 2, das keinen harten Film aufweist, und der Vergleichsbeispiele 1 und 3, die harte Filme aufweisen, die aber keine festen Schmiercharakteristiken aufweisen, solange keine Schmierung vorgenommen wird.

Unter der Bedingung einer Schmierung mit Schmieröl weist das gleitbewegliche Element des Vergleichsbeispiels 5, das einen harten Film aus diamantartigem Kohlenstoff mit einem Wasserstoffgehalt von mehr als 10 Atom% aufweist, allgemein gleichwertige Reibungskoeffizienten zu den gleitbeweglichen Elementen der Vergleichsbeispiele 1 und 2 auf, die keinen harten Film aufweisen. Der Reibungskoeffizient ist höher als 0,07 und demzufolge in Bezug auf die Reibungsverminderung niedrig gerade bei dem gleitbeweglichen Element aus dem Vergleichsbeispiel 4, das einen harten Film aus polykristallinem Diamant oder amorphem Kohlenstoff aufweist in dem Fall, in dem die Oberflächenrauigkeit Ra des gleitbeweglichen Elements über 0,10 μm beträgt.

Im Kontrast dazu weisen die gleitbeweglichen Elemente der Ausführungsbeispiele 1 bis 6 einen Reibungskoeffizienten von nicht mehr als 0,07 auf. Diese gleitbeweglichen Elemente sind mit harten Filmen versehen, die einen Wasserstoffgehalt von weniger als 10 Atom% aufweisen und/oder einen spezifizierten Stickstoff- oder Sauerstoffgehalt und eine Oberflächenrauigkeit Ra von nicht mehr als 0,01 μm aufweisen. Dies führt dazu, daß die Reibungsverluste dieser gleitbeweglichen Elemente gerade in Schmieröl effektiv erniedrigt werden können.

Darüber hinaus wurde ein Reibungsverlustdrehmoment, das heißt ein Drehmoment, das einem Reibungsverlust entspricht, für eine Nocke einer Nockenwelle eines Ventilbetätigungsmechanismus einer Verbrennungskraftmaschine gemessen für die Fälle, in denen die gleitbeweglichen Elemente des Ausführungsbeispiels 5 und der Vergleichsbeispiele 1, 2, 3 und 5 als Justierkeil (adjusting shim) benutzt wurden, indem eine Maschine benutzt wurde, die einen Ventilbetätigungsmechanismus aufwies, wie er in Fig. 4 gezeigt wird.

In dem Ventilbetätigungsmechanismus, der in der Fig. 4 gezeigt ist, wurde die Nockenwelle 52, die Nocken 51 aufwies, durch einen Riemen (timing belt) durch die Maschine in Rotation versetzt. Ein Maschinenventil 53 (Einlaß- oder Auslaßventil) wurde gleitbeweglich in eine Ventileitung 54 eingesetzt. Ein Ventilöffner 55 wurde an einem oberen Ende des Ventils 53 angeordnet. Eine Ventildfeder 57 wurde zwischen dem Ventilöffner 55 und einem Zylinderkopf 56 angeordnet. Der obere Endbereich der Ventildfeder 57 ist an einen Rückhaltebereich des Ventils 53 durch einen Rückhalter 58 und einen Bolzen 59 befestigt. Die Ventildfeder 57 gibt eine Last auf das Ventil 53 in einer Richtung, in der das Ventil 53 schließt, ab. Der Justierkeil (adjusting shim) 60 wurde in eine Ausnehmung im oberen Bereich des Ventilöffners 55 eingepaßt und wies eine Dicke auf, die ein Spiel von ungefähr 0,3 mm zwischen der Nocke 51 und dem Justierkeil (adjusting shim) 60 vorgibt. Sobald die Nockenwelle 52 sich dreht, dreht sich die Nocke 51 in gleitendem Kontakt mit dem Justierkeil (adjusting shim) 60, so daß eine Hin- und Herbewegung des Ventils 53 ausgeführt wird.

Die Nockenwelle 52 wurde von einem Motor (nicht gezeigt) über ein Drehmomentmeter (nicht gezeigt), das an einem Endbereich der Nockenwelle angeordnet war, angetrieben, um ein Drehmoment zu messen, das einem Reibungsverlust entspricht, der zwischen der Nocke 51 und dem Justierkeil (adjusting shim) 60 hervorgerufen wird, unter folgenden Bedingungen: eine Drehgeschwindigkeit der Nockenwelle 52 betrug 3000 rpm, entsprechend dem Leerlauf (corresponding to idling); eine maximale Last von 50 kgf wurde auf die Ventildfeder ausgeübt; das Maschinenschmieröl wie eine Temperatur von 80°C auf; die Nocke 51, die den Justierkeil (adjusting shim) 60 gleitend kontaktierte, wurde einer Oberflächenvergütung (super finishing) unterworfen, um eine Oberflächenrauigkeit Ra von 0,05 μm aufzuweisen. Das Ergebnis der Messung des Reibungsverlustdrehmoments ist in Form eines Balkendiagramms in der Fig. 5 gezeigt, in welchem die Balken a, b, c, d und e jeweils Ausführungsbeispiel 5 (1,64 kgcm), Vergleichsbeispiel 1 (2,87 kgcm), Vergleichsbeispiel 2 (2,40 kgcm), Vergleichsbeispiel 3 (2,43 kgcm) und Vergleichsbeispiel 5 (2,28 kgcm) darstellen.

Wie aus der Fig. 5 offenbar wird, ist das gleitbewegliche Element der Ausführungsbeispiele verglichen mit denen der Vergleichsbeispiele niedrig, auch in den Fällen, in denen beide dieselbe Oberflächenrauigkeit aufwiesen. Dies führt dazu, daß das gleitbewegliche Element nach der vorliegenden Erfindung eine hohe Reibungsperformance aufweist.

Die gesamte Offenbarung der japanischen Patentanmeldung P 11-102205, die am 9. April 1999 angemeldet wurde, wird als Bestandteil der Offenbarung der vorliegenden Offenbarung betrachtet (incorporated by reference).

Obwohl die Erfindung unter Zuhilfenahme verschiedener Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, beschränkt sich die Erfindung nicht auf die Ausführungsbeispiele, die oben beschrieben wurden. Modifikationen und Variationen der obigen Ausführungsbeispiele sind für Fachleute im Lichte der obigen Lehre naheliegend. Der Bereich der Erfindung wird durch die beigefügten Patentansprüche definiert.

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65

| Muster | Substrat | Hartfilm | Filmerstell- methode | Dicke (μm) | Härte (Hv) | Oberflächenrau- heit Ra (μm) | Referenz | Reibungs- koeffizient μ (kein Schmieröl) | Reibungs- koeffizient μ in Schmieröl) | Vergleichsbeispiel | | | | | | | |
|---------------------|----------|--------------------|-------------------------|----------------------------|---------------|--|----------|--|---|---------------------|---|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | Ausführungsbeispiel | | | | | | | |
| Ausführungsbeispiel | 1 | Siliziumnitrid | polykrist. Diamant | thermisches CVD | 10.0 | - | 0.05 | 10 at% > Wasserstoff | 0.080 | 0.058 | 1 | | | | | | |
| | 2 | carburierter Stahl | a-C-Film | Ionenplattieren | 2.0 | 3500 | 0.09 | 10 at% > Wasserstoff | 0.110 | 0.065 | 2 | | | | | | |
| | 3 | carburierter Stahl | a-C-Film | Ionenplattieren | 2.0 | 3500 | 0.03 | 10 at% > Wasserstoff | 0.090 | 0.066 | 3 | | | | | | |
| | 4 | carburierter Stahl | DLC-Film | plasmaverstärktes CVD | 1.0 | 2500 | 0.04 | Sauerstoffplasmaabehandlung, 3,5 at% Sauerstoff, 10at% < Wasserstoff | 0.098 | 0.058 | 4 | | | | | | |
| | 5 | carburierter Stahl | a-C-Film | Ionenplattieren | 2.0 | 3500 | 0.04 | Sauerstoffplasmaabehandlung, 3,5 at% Sauerstoff, 10at% > Wasserstoff | 0.095 | 0.059 | 5 | | | | | | |
| | 6 | Siliziumnitrid | polykrist. Diamant | therm. CVD | 10.0 | - | 0.05 | Stickstoffplasmaabehandlung, 5,7 at% Stickstoff, 10at% > Wasserstoff | 0.080 | 0.049 | 6 | | | | | | |
| Vergleichsbeispiel | 1 | carburierter Stahl | Manganphosphat- Film | chem. Behandlung | 10.0 | - | 1.50 | - | 1.080 | 0.125 | 1 | | | | | | |
| | 2 | carburierter Stahl | keiner | - | - | 720 | 0.04 | - | 0.480 | 0.086 | 2 | | | | | | |
| | 3 | carburierter Stahl | CrN-Film | Ionenplattieren | 2.0 | 1500 | 0.07 | - | 0.380 | 0.108 | 3 | | | | | | |
| | 4 | carburierter Stahl | polykrist. Diamant | thermisches CVD | 10.0 | - | 0.12 | 10 at% > Wasserstoff | 0.090 | 0.075 | 4 | | | | | | |
| | 5 | carburierter Stahl | DLC-Film | plasmaverstärktes CVD | 1.0 | 2500 | 0.04 | 10 at% < Wasserstoff | 0.098 | 0.069 | 5 | | | | | | |
| | 6 | carburierter Stahl | a-C-Film | Ionenplattieren | 2.0 | 3500 | 0.25 | 10 at% > Wasserstoff | 0.125 | 0.065 | 6 | | | | | | |
| | 7 | carburierter Stahl | a-C-Film | Ionenplattieren | 2.0 | 3500 | 0.05 | Sauerstoffplasmaabehandlung, 40 at% Sauerstoff, 10at% > Wasserstoff | abgeschält | 0.100 | 7 | | | | | | |

Patentansprüche

1. Ein gleitbewegliches Element, das unter Schmierölkontakt verwendet wird, umfassend:
 - ein Substrat und
 - einen harten kohlenstoffbasierenden Film, der auf eine Oberfläche des besagten Substrats abgeschieden ist, 5
 wobei besagter harter kohlenstoffbasierender Film einen Oberflächenbereich aufweist, der zumindest eines der Elemente Stickstoff oder Sauerstoff in einem Betrag von 0,5 bis 30 Atom% enthält.
2. Gleitbewegliches Element nach Anspruch 1, wobei besagter harter kohlenstoffbasierender Film ein Diamantfilm ist, der durch ein CVD-Verfahren erzeugt wird.
3. Gleitbewegliches Element nach Anspruch 1, wobei der Oberflächenbereich des besagten harten kohlenstoffbasierenden Films zumindest eines der Elemente Stickstoff oder Sauerstoff in einem Bereich von 4 bis 20 Atom% enthält. 10
4. Gleitbewegliches Element nach Anspruch 1, wobei besagter harter kohlenstoffbasierender Film eine Oberflächenrauigkeit von weniger als 0,1 µm aufweist.
5. Gleitbewegliches Element nach Anspruch 1, wobei besagter harter kohlenstoffbasierender Film eine Härte Hv größer als 1000 aufweist. 15
6. Gleitbewegliches Element nach Anspruch 1, wobei besagter harter kohlenstoffbasierender Film eine Dicke von 1 bis 10 µm aufweist und wobei besagter harter kohlenstoffbasierender Film einen Reibungskoeffizienten von nicht mehr als 0,07 aufweist, wenn der harte kohlenstoffbasierende Film in ein Schmieröl eingetaucht ist.
7. Gleitbewegliches Element nach Anspruch 1, wobei besagtes Substrat aus einem Material aus der Gruppe bestehend aus Siliziumnitrid und Stahl gebildet ist. 20
8. Gleitbewegliches Element nach Anspruch 1, wobei besagter harter kohlenstoffbasierender Film aus einem Material gebildet ist, das aus der Gruppe bestehend aus polykristallinem Diamant, amorphem Kohlenstoff und diamantartigem Kohlenstoff gebildet ist.
9. Justierkeil zur Verwendung in einem Ventilbetätigungsmechanismus einer Verbrennungskraftmaschine umfassend: 25
 - ein Substrat und
 - einen harten kohlenstoffbasierenden Film, der auf eine Oberfläche des besagten Substrats abgeschieden ist, wobei besagter harter kohlenstoffbasierender Film einen Oberflächenbereich aufweist, der zumindest eines der Elemente Stickstoff oder Sauerstoff in einem Bereich von 0,5 bis 30 Atom% aufweist. 30
10. Gleitbewegliches Element zur Verwendung im Kontakt mit Schmieröl umfassend:
 - ein Substrat und
 - einen harten kohlenstoffbasierenden Film, der auf eine Oberfläche von besagtem Substrats abgeschieden wurde, 35
 wobei besagter harter kohlenstoffbasierender Film einen Oberflächenbereich aufweist, der nicht mehr als 10 Atom% Wasserstoff enthält.
11. Gleitbewegliches Element nach Anspruch 1, wobei besagter harter kohlenstoffbasierender Film durch ein Verfahren aus der Gruppe von Kohlenstoffionenstrahlverfahren, thermischem CVD-Verfahren, Ionenplattierprozeß und einem Sputter-Verfahren hergestellt wird.
12. Gleitbewegliches Element zur Verwendung im Kontakt mit Schmieröl, umfassend: 40
 - ein Substrat und
 - einen harten kohlenstoffbasierenden Film, der auf eine Oberfläche von besagtem Substrat abgeschieden ist, wobei besagter harter kohlenstoffbasierender Film einen Oberflächenbereich aufweist, der zumindest eines der Elemente Stickstoff in einem Bereich von 0,5 bis 30 Atom% oder Sauerstoff in einem Bereich von 0,5 bis 30 Atom% aufweist und Wasserstoff in einem Bereich von nicht mehr als 10 Atom% aufweist. 45
13. Verfahren zum Herstellen eines gleitbeweglichen Elements, das im Kontakt mit Schmieröl verwendet wird, umfassend:
 - Bereitstellen eines Substrats;
 - Abscheiden eines harten kohlenstoffbasierenden Films auf eine Oberfläche des Substrats durch ein CVD-Verfahren; und
 - Bewirken, daß ein Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films zumindest eines der Elemente Stickstoff oder Sauerstoff in einem Bereich von 0,5 bis 30 Atom% durch eine Plasmabehandlung oder ein Ionenimplantationsverfahren enthält. 50
14. Verfahren zum Herstellen eines gleitbeweglichen Elements, das im Kontakt mit Schmieröl verwendet wird, umfassend: 55
 - Bereitstellen eines Substrats;
 - Abscheiden eines harten kohlenstoffbasierenden Films auf eine Oberfläche des Substrats durch ein Verfahren bestehend aus der Gruppe der Verfahren Kohlenstoffionenstrahlverfahren, thermisches CVD-Verfahren, Ionenplattierprozeß und Sputter-Verfahren; und
 - Bewirken, daß der Wasserstoffgehalt in einem Oberflächenbereich des harten kohlenstoffbasierenden Films innerhalb eines Bereichs von nicht mehr als 10 Atom% fällt. 60

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

FIG.1

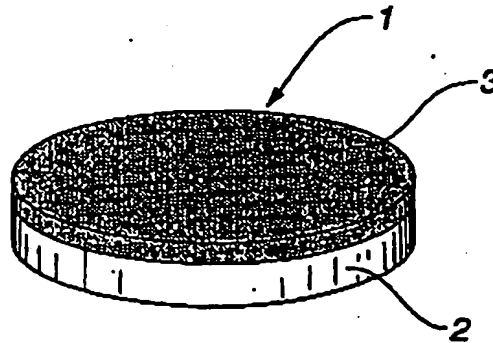


FIG.2

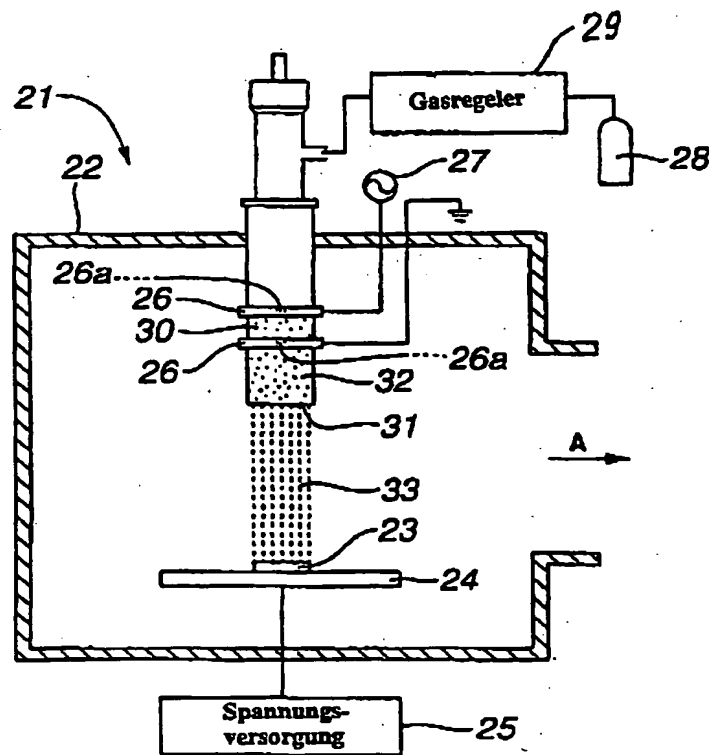


FIG.3

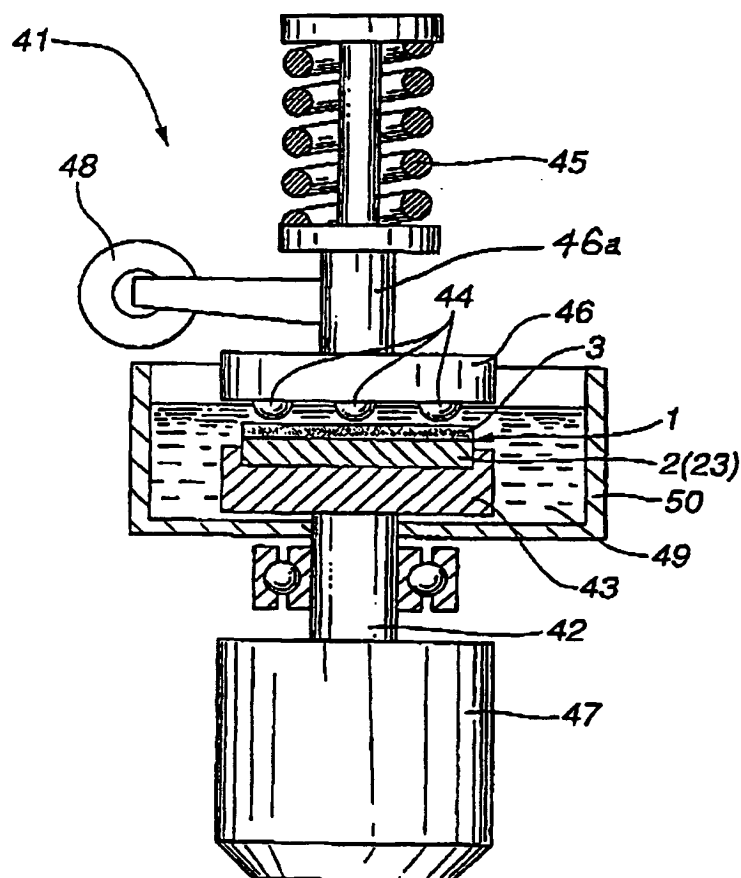


FIG.4

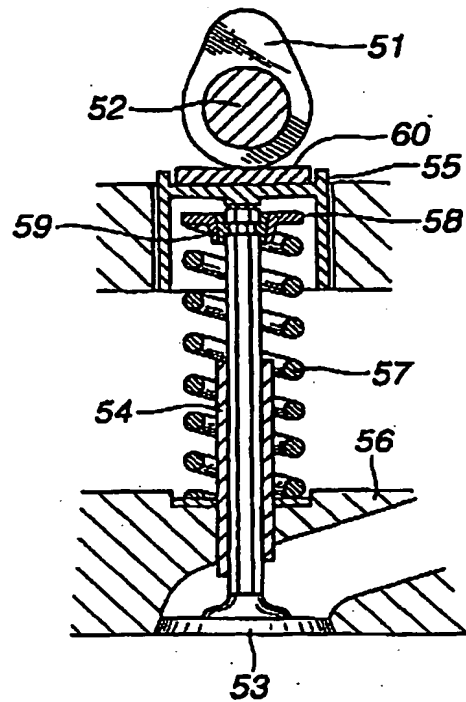
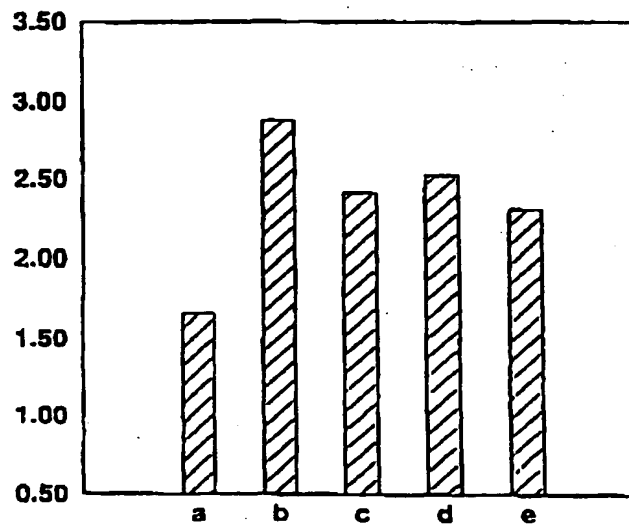


FIG.5

Reibungs-
verlustdreh-
moment (kg*cm)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☒ **SKewed/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)